

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-143068

(43)Date of publication of application : 25.05.2001

(51)Int.Cl.

G06T 5/00  
H04N 1/409

(21)Application number : 2000-306992

(71)Applicant : EASTMAN KODAK CO

(22)Date of filing : 06.10.2000

(72)Inventor : GINDELE EDWARD BROOKS

(30)Priority

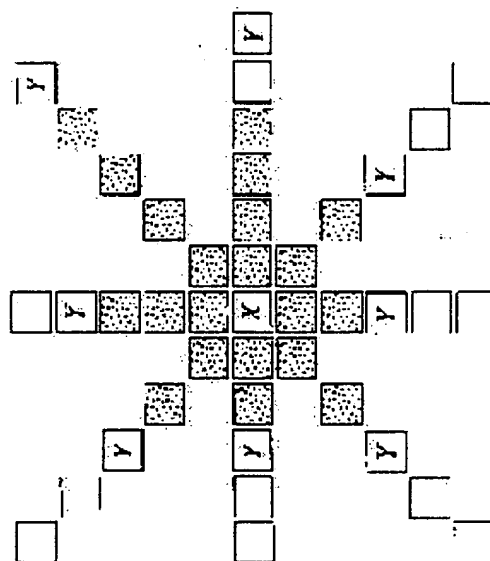
Priority number : 1999 415365 Priority date : 08.10.1999 Priority country : US

## (54) METHOD FOR REDUCING DIGITAL IMAGE NOISE BASED ON AREA GROWTH

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method and a product to remove noise from pixels of a digital image channel.

**SOLUTION:** This method is provided with a step for storing the original value of a noticing pixel and a step to decide a variable shaped peripheral area of a cleaning pixel, by using values of continuous pixels adjacent to the noticing pixel. This method is further provided with a step to substitute a pixel value, the noise of which is cleaned for the original value of the noticing pixel, by equipping it with the peripheral area of the cleaning pixel and the noticing pixel value as well.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-143068

(P2001-143068A)

(43)公開日 平成13年5月25日(2001.5.25)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマート(参考)
G 0 6 T 5/00	3 0 0	G 0 6 T 5/00	3 0 0
H 0 4 N 1/409		H 0 4 N 1/40	1 0 1 C

審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全9頁)

(21)出願番号 特願2000-306992(P2000-306992)  
(22)出願日 平成12年10月6日(2000.10.6)  
(31)優先権主張番号 09/415365  
(32)優先日 平成11年10月8日(1999.10.8)  
(33)優先権主張国 米国(US)

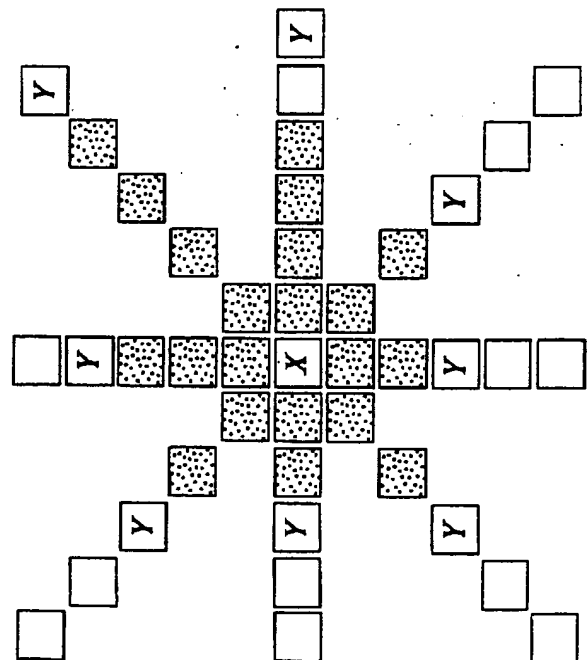
(71)出願人 590000846  
イーストマン コダック カンパニー  
アメリカ合衆国, ニューヨーク14650, ロ  
チェスター, ステイト ストリート343  
(72)発明者 エドワード ブルックス ギンデル  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ロチェ  
スター ポニー プレー アベニュー  
394  
(74)代理人 100075258  
弁理士 吉田 研二 (外2名)

(54)【発明の名称】 領域成長に基づくデジタル画像ノイズ低減法

(57)【要約】

【課題】 デジタル画像チャネルのピクセルからノイズを除去する方法と製品を提供する。

【解決手段】 注目ピクセルのオリジナル値を記憶するステップ、注目ピクセルに隣接する連続ピクセルの値を用いて、クリーニングピクセルの可変形状の周辺領域を決定するステップを備える方法。本方法は更に、クリーニングピクセルの周辺領域と注目ピクセル値とを用いて、注目ピクセルのオリジナル値を、ノイズをクリーニングしたピクセル値に置き換えるステップをも備える。



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 デジタル画像チャネルのピクセルからノイズを除去する方法において、

(a) 注目ピクセルのオリジナル値を記憶するステップと、

(b) 注目ピクセルの値と、隣接する連続ピクセルの値とを用いて、クリーニングピクセルの変形状の周辺領域を決定するステップと、

(c) クリーニングピクセルの周辺領域と注目ピクセルの値とを用いて、注目ピクセルのオリジナル値をノイズをクリーニングしたピクセル値に置き換えるステップと、

を含むことを特徴とするデジタル画像チャネルピクセルノイズ除去方法。

【請求項2】 デジタル画像チャネルのピクセルからノイズを除去するコンピュータプログラムを記憶するコンピュータ読み出し可能な記憶媒体を備えるコンピュータプログラム製品であって、前記コンピュータプログラムが、

(a) 注目ピクセルのオリジナル値を記憶するステップと、

(b) 注目ピクセルの値と隣接する連続ピクセルの値とを用いて、クリーニングピクセルの変形状の周辺領域を決定するステップと、

(c) クリーニングピクセルの周辺領域と関心あるピクセルの値とを用いて、注目ピクセルのオリジナル値をノイズをクリーニングしたピクセル値に置き換えるステップと、

を含むことを特徴とするコンピュータプログラム製品。

【請求項3】 デジタル画像チャネルのピクセルからピクセル一個毎にノイズを除去するコンピュータプログラムを記憶するコンピュータ読み出し可能な記憶媒体を備えるコンピュータプログラム製品であって、前記コンピュータプログラムが、

(a) 注目ピクセルのオリジナル値を記憶するステップと、

(b) 注目ピクセルの値と隣接する連続ピクセルの値とを用いて、クリーニングピクセルの変形状の周辺領域を決定するステップと、

(c) クリーニングピクセルの周辺領域と注目ピクセルの値とを用いて、注目ピクセルのオリジナル値をノイズをクリーニングしたピクセル値に置き換えるステップと、

(d) ステップ(a)～(c)を他の各注目ピクセルに対しても反復するステップと、

を含むことを特徴とするコンピュータプログラム製品。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、フィルタ処理を行ってノイズを低減したデジタル画像の提供に関する。

2

## 【0002】

【従来の技術】 ノイズ低減アルゴリズムの多くは、非線形空間フィルタ画像処理アルゴリズムに分類することができる。これらのアルゴリズムに多く共通なのは、注目するピクセルの周りの小さい局部周辺領域にある複数のピクセル値に何らかの形の非線形重み付けをしたり、統計的条件を適用したりして、ノイズを含まない推量値、つまりノイズを除去したときのピクセル値の推定の値を導こうとするものである。この小局部周辺領域は普通、注目ピクセルを中心にして設けられる。このクラスのノイズ低減アルゴリズムではフィルタのサイズは固定である。つまり、画像ピクセル画像すべて同一サイズの局部周辺領域を用いて処理されるという意味で固定である。

【0003】 固定サイズのノイズ低減アルゴリズムの例は、ジョン・サン・リー (Jon SonLee) によりジャーナル、Digital Image Smoothing and the Sigma Filter, Computer Vision, Graphics, and Image Processing Vol. 24, p.255-269, 1983に記載されたシグマフィルタである。これは、中心ピクセルの周りの長方形ウィンドウからサンプルを得る非線形ピクセル平均技法を用いるノイズ低減フィルタである。この局部周辺領域内の諸ピクセルは、当該ピクセルと中心ピクセルとの間の差を基準にして、平均値を求める計算に含められたり、除外されたりされる。数学的には、シグマフィルタは以下のように示すことができる。

## 【0004】

$$【数1】 q_{mn} = \sum_{ij} a_{ij} p_{ij} / \sum_{ij} a_{ij}$$

$$|p_{ij} - p_{mn}| \leq \epsilon \text{ の時、} a_{ij} = 1$$

$$|p_{ij} - p_{mn}| > \epsilon \text{ の時、} a_{ij} = 0$$

ここで  $p_{ij}$  は中心  $p_{mn}$  の周りのローカル領域にあるピクセルを示し、 $q_{mn}$  はノイズをクリーニングしたピクセルを示し、 $\epsilon$  は定数で、普通は予期されるノイズの標準偏差 (standard deviation) の2倍に設定される。

【0005】 このシグマフィルタは、主たるノイズ源がガウス加法性ノイズである場合の画像処理のために設計されたものである。信号に依存するノイズ源は、 $\epsilon$  パラメータを信号強度の関数とすることによって容易に取り入れることができる。要するに、ノイズが信号に依存する場合には、この  $\epsilon$  パラメータを信号強度の関数に設定することで対応できる。しかし、信号に独立の場合と信号に依存する場合の双方に対して、最適な結果を得るには予期されるノイズの標準偏差を知らなければならない。シグマ関数は、局部周辺領域部にある画像ピクセルの大部分が平均化計算から除外されるという事実があるので、高度なストラクチャを有する領域 (highly structured area) には性能を発揮する。この方法では高信号強度の領域はほとんど不変のままである。このフィルタは、局部ピクセルの大部分が平均化計算に含まれるという事実があるので、画像信号のストラクチャを欠く大きな均一領域にも良好に機能する。これらの領域に対して

(3)

3

は、シグマフィルタはほとんど低域パス空間フィルタとして機能する。

【0006】低振幅信号変調、または低信号強度を特徴とする画像領域は、シグマフィルタでは巧く処理されない。これらの領域に対しては、局部ピクセル値の大部分が平均化計算に含まれてしまうので、信号変調のロスが起こる。フィルタの閾値を低い値に設定すれば信号ロスは低減されるが、ノイズはほとんど同一のまま残される。

【0007】固定サイズ非線形ノイズフィルタのもう一つの例は、アース (Arce) とマクメローリン (McLoughlin) によりジャーナル、Theoretical Analysis of the Max/Median Filter, IEEE Transactions on Acoustical Analysis & Speech Signal Processing, ASSP-35(1), p. 60-69, 1987に最大値/中央値フィルタと命名して記載されたものである。このフィルタは、局部周辺領域を4個の重なり合った領域、すなわち水平、垂直、2つの対角線分割領域 (diagonal pixels) に分割し、各領域に中心ピクセルを含むようにしたものである。ピクセル推定値は、各領域のピクセル値からサンプリングされた統計的メディアン (中央値) ピクセル値を取ることによって各領域に対して個々に計算される。これら4個のピクセル推定値の内、最も値の高い推定値がノイズをクリーニングしたピクセルとして選択される。数学的には、最大値/中央値フィルタは、以下のように表すことができる。

【0008】

【数2】

$q_{ij} = \{Z1, Z2, Z3, Z4\}$  の中の最大値

$Z1 = \{p_{i,j-w}, \dots, p_{i,j}, \dots, p_{i,j+w}\}$  の中央値

$Z2 = \{p_{i-w,j}, \dots, p_{i,j}, \dots, p_{i+w,j}\}$  の中央値

$Z3 = \{p_{i+w,j-w}, \dots, p_{i,j}, \dots, p_{i-w,j+w}\}$  の中央値

$Z4 = \{p_{i-w,j-w}, \dots, p_{i,j}, \dots, p_{i+w,j+w}\}$  の中央値

ここで、 $q_{ij}$ はノイズをクリーニングしたピクセルを示し、 $Z1, Z2, Z3, Z4$ は4個のピクセル推定値を示し、 $p_{i,j}$ はローカルピクセル値を示す。最大値/中央値フィルタは存在するノイズを低減する一方、エッジは保存する。ガウス加法性ノイズに対しては、この統計的中央値は数値平均法ほどはノイズを低減しない。しかし、このフィルタは、疑似ノイズ (spurious noise) のような非ガウス加法性ノイズには巧く機能する。

【0009】ノイズは、信号ストラクチャがほとんどない領域を含む画像、例えば、雲が殆どあるいは全くない青空領域では最もよく目について、不快である。上記のシグマフィルタは、それに含有信号が少ない (低信号コンテンツ) という特性の画像域に適用すると、点々ある

4

いは斑点等のアーティファクトを生じ易い。これは局部ピクセルの幾何学的サンプリングを長方形の形で行うことが大きな原因である。最大値/中央値フィルタで採用される半径方向領域をサンプリングする方式では、低信号コンテンツが特徴的な画像領域でも不快なアーティファクトは少なくなる。高ノイズコンテンツの画像では、半径方向領域サンプリング方式で得られるアーティファクトはストラクチャを持ったものとして認識される。

【0010】米国特許第5,671,264号にはシグマフィルタと最大値/中央値フィルタを変形したものが記載されている。このアルゴリズムは、半径方向空間サンプリングと多重ピクセル推定値とを最大値/中央値フィルタに基づき応用している。しかし、このアルゴリズムは半径方向線セグメントの数を増やして、4個より多いセグメントを有する構成を含むようにしている。このアルゴリズムは、個々の領域のピクセル推定値を得るのにシグマフィルタと最大値/中央値フィルタとを組み合わせる。次に、N個の領域から導かれたピクセル推定値を組み合わせ、平均値を計算したり、統計的な中央値を取ったりして、ノイズをクリーニングしたピクセル値を得る。このアルゴリズムのキーとなる要素は、3個の必須領域パラメータ、すなわち、領域の長さ、方位 (orientation)、領域の数のいずれかをランダム化することである。フィルタのパラメータのランダム化は、ピクセル間ベースで行われ、従ってピクセル位置による本質的特性を変える。この技術によれば、ランダム化により、半径方向領域サンプリング法で惹起されるストラクチャのあるアーティファクトが低減される。米国特許第5,671,264号に記載のアルゴリズムは、サイズ可変の非線形ノイズフィルタと分類することができる。つまり、最大値/中央値フィルタのように半径方向に分割した領域をサンプリングすると、ノイズを多量に含む画像の場合、その処理結果に望ましくない斑点パターン等のアーティファクトができてしまうが、フィルタのパラメータを領域ごとにランダムにすることで斑点状のパターンが形成されるのを防止するのである。

【0011】レブ (A.Lev)、ツッカー (S.W.Zucker)、ローゼンフィールド (A.Rosenfield) による、ジャーナル掲載論文Iterative Enhancement of Noisy Images, IEEE Trans. Syst. Man and Cybern, SCM-7, p.435-441, 1977には、ノイズ低減アルゴリズムが二つ記載されている。これらのアルゴリズムは二つともエッジセンシティブ局部重み付け平均法に基づく。一番目のアルゴリズムでは、局部ピクセルの重みは、エッジ検出アルゴリズムで得られたエッジが存在するかに基づいて付与される。エッジに位置するピクセルは局部平均化計算に入れられない。更に、中心ピクセルからエッジピクセル分だけ離れた非エッジピクセルも除外される (付与重みはゼロ)。この点、中心ピクセルの周囲の非エッジピクセル領域だけが、ノイズのないピクセル値を

(4)

5

推定するのに用いられる。二番目のアルゴリズムは、4つの方向勾配フィルタ (directional gradients filter)、すなわち、1つの水平勾配フィルタと1つの垂直勾配フィルタと2つの対角勾配フィルタ (diagonal gradient filter) とから導かれる各係数を組み合わせることによって局部ピクセルに重みを付けるエッジ検出アルゴリズムを一般化することによって作られる。方向勾配フィルタの出力は、指数関数で変換され、乗算モデル (multiplicative model) で組み合わせられ、最終的に  $3 \times 3$  空間フィルタが形成される。このフィルタは、実際フィルタ処理された応答のフィルタである。レブラのフィルタは双方とも画像のノイズを低減するが、フィルタサイズ ( $3 \times 3$ ) が小さいので、大きな効果を得るには反復して適用しなければならない。これらのフィルタは、固定サイズ局所周辺領域が用いられるが、検出された特徴に基づき中心ピクセルについての周辺局部領域のみに対象ピクセルを限定するという考えがない。しかし、そのような特徴を検出するには、局部ドメインの外のピクセルに関する知識を用いるアルゴリズムが必要である。

【0012】

【本発明が解決しようとする課題】これら固定サイズ局所周辺領域を用いたノイズ低減フィルタには主な問題が二つある。まず、小さいフィルタサイズのフィルタを用いたアルゴリズムは計算時間が短く、望ましい低振幅変調信号を保存するが、ストラクチャのない領域のノイズを除去するのには有効でない。大きなフィルタサイズのフィルタを用いるアルゴリズムは計算時間が長く、ストラクチャのない領域のノイズを除去するのには有効だが、望ましい低振幅変調信号が損傷する。半径方向領域を基準とするノイズ低減アルゴリズムはストラクチャのない領域のノイズを除去するのには有効だが、望まないストラクチャのパターンのノイズがクリーニング後の画像に残存する。半径方向領域のサイズをランダムに変え

ると、望まないストラクチャのパターンによる不快感を低減することができ、所要の計算時間にインパクトを与えない。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、デジタル画像ピクセル値に基づいて、注目ピクセルと連続するクリーニングピクセルの局部周辺領域を領域成長させることによる形状/サイズ可変フィルタを用いるノイズ低減アルゴリズムを提供する。

【0015】本発明は、(a) 注目ピクセルのオリジナル値を記憶するステップと、(b) 注目ピクセルの値と隣接する連通ピクセルの値とを用いて、クリーニングピ

6

クセルの可変形状の周辺領域を決定するステップと、(c) クリーニングピクセルの周辺領域と関心あるピクセルの値とを用いて、注目ピクセルのオリジナル値をノイズをクリーニングしたピクセル値に置き換えるステップと、を含むデジタル画像チャンネルのピクセルからノイズを除去することを特徴とし、これにより上記目的が達成される。

【0016】本発明は、関心あるピクセル周りの連続ピクセルの領域を成長させることによって、固定フィルタサイズのアルゴリズムの制約を克服する。クリーニング諸ピクセルの周辺領域のサイズと形状との可変の度合いが、供給されるピクセル値に基づくので、低振幅画像のディテールが保存される一方、惹起されるストラクチャのあるアーティファクトの影響は最小限に抑えられる。更に、デジタル画像の高度にストラクチャを有する領域では、本発明により、評価するピクセルの数が減少するので計算時間が短縮される。

【0017】

【発明の実施の形態】デジタル画像は、一個またはそれ以上の個数のデジタル画像チャンネルから構成される。各デジタル画像チャンネルはピクセルの二次元アレイから構成される。各ピクセル値は、ピクセルの物理層に対応する撮像デバイスが受けた光量に関する。カラー撮像に適用する場合、多くのデジタル画像は赤、緑、青のデジタル画像チャンネルからなる。モノクロームの場合は、デジタル画像にはデジタル画像チャンネルは一つだけである。動画撮影の場合は、デジタル画像の順次配列と考えることができる。当業者なら分かることであるが、本発明は上記のいずれの用途に用いられるデジタル画像チャンネルにも適用可能であるが、これらの適用に限定されるわけではない。事実、ノイズで損傷したデータのどんな二次元アレイにも本発明を適用して、ノイズをクリーニングした出力を得ることができる。本発明では、行と列とに配列された二次元ピクセル値アレイとしてデジタル画像チャンネルを規定するけれども、当業者なら分かることであるが、本発明はモザイク (矩形非線形的 (non rectilinear)) アレイにも適用しても同じ効果を得ることができる。当業者なら分かることであるが、本発明ではノイズをクリーニングしたピクセル値でオリジナルのピクセル値を置き換えるとしているけれども、ノイズをクリーニングしたピクセル値で別途新しいデジタル画像を形成し、オリジナルのピクセル値をそのまま残しておくこととしても当然構わない。

【0018】図2は、注目ピクセルに本発明を適用した場合の機能ブロック図を示す。ピクセルは、2つの属性を使用する。一つは数値属性であり、他は二次元デジタル画像アレイ内の位置属性でピクセル座標と称されるものである。ピクセル座標は、行と列に対応する2個のインデックスを備える。注目ピクセルのオリジナル値は、オリジナルのピクセル値と称されるが、Xという名が与

(5)

7

えられ、統計アキュムレータ30に入力される。注目ピクセルのピクセル座標は、オリジナルピクセル座標と称されるが、ピクセルバスセクタ10に入力される。

【0019】本発明の各実施形態では一つまたはそれ以上のピクセル処理パスが含まれるが、各パスは事前に設定された連続ピクセルからなるルートを有する。ピクセルバスセクタ10は、どのピクセル処理パスが現在処理されているかを追跡して覚えており、その現在のピクセル処理パスを示す座標をピクセルファインダ（次のピクセルを検出するファインダ；next pixel finder）20に送る。ピクセルファインダ20は、次に引き続いて評価すべきピクセルを決定する。これは、現在のピクセル処理パスの引き続くピクセルを検索することで実現できる。次に引き続くピクセルの値は、統計アキュムレータ30に入力され、統計アキュムレータ30は、この値を用いて次に引き続くピクセルがクリーニングピクセルの周辺領域に含まれるべきものであるか否かを判断する。このピクセル周辺領域は、注目ピクセルの周囲を取り囲む可変形状の連続的なピクセルの集合体である。

【0020】統計アキュムレータ30が行うピクセル処理は、最後のピクセル処理パスが処理された時点で終了する。各ピクセル処理パスは一つまたはそれ以上のピクセル処理パスの終了条件が満たされた時に処理完了となる。ピクセル処理パスの終了条件の例は、次の通りである。次に引き続くピクセルがデジタル画像チャンネルの二次元アレイピクセルの境界の外にあることや、統計アキュムレータ30で処理されるピクセルの総数が最大許容数に達してしまったこと、現在のピクセル処理パス上で統計アキュムレータ30が処理するピクセルの総数が最大許容数に達してしまったこと、さらには統計アキュムレータ30が出力するクリーニング済みのピクセルの値が処理前の値から許容差以上に大きく変化しなかったこと。統計アキュムレータ30がピクセルバスの終了条件が満たされたと判断すると、ピクセルバスセクタ10に信号が送られ、現在ピクセル処理パスの座標インデックスをインクリメントする。

【0021】全てのピクセル処理パスの処理が終わると、注目ピクセルに対するクリーニングピクセルの周辺領域が規定される。クリーニングピクセルの周辺領域がノイズクリーニング計算器40へ入力され、ノイズクリーニング計算器40はこの周辺領域にあるクリーニングピクセルの一部または全部を用いて、ノイズがクリーニングされたピクセルの値を計算する。ノイズがクリーニングされて除かれたピクセルの値は、注目ピクセルのオリジナル値と置き換えられ、本質的ノイズの少ないピクセル値が得られる。この処理がデジタル画像チャンネル中のピクセルすべてに対して繰り返し行われる。このようにして本発明を適用することにより、オリジナルデジタル画像チャンネル中のノイズが除去される。

【0022】重要なことに、個々のピクセル処理パスの

8

各々は注目ピクセルと連続しているから、クリーニングピクセルの周辺領域も同様に注目ピクセルに連通している。本発明が従来の技術と相違する点は、クリーニングされてノイズが除かれたピクセル値はクリーニングピクセルの周辺領域から計算されるのであるが、このクリーニングピクセル周辺領域が、注目ピクセルと連続しており、形状が可変で、しかもその形状はオリジナルのデジタル画像チャンネルに含まれるピクセル値で決定されるという点である。すなわち、本実施の形態で特徴的なことは、注目クリーニングピクセルの値を算出するために参照すべきピクセルからなる領域をオリジナルの画像チャンネルに含まれるピクセル値に基づいて決定することである。

【0023】図3は、図2に示した本発明の実施形態でのアルゴリズムを示したフローチャート図である。処理ステップは、注目ピクセルを検出するブロック100から開始される。本発明の好ましい実施の形態では、コンピュータメモリ内の第1行第1列にある最初のピクセルから処理が始まる。ブロック110は注目ピクセルのオリジナル値を記憶するステップを示す。ブロック120は、クリーニングピクセルの可変形状の周辺領域を決定するステップを示す。これは、注目ピクセルについて記憶しているピクセル値と、注目ピクセル周辺の局部周辺領域に位置している各ピクセルの値とを用いて行われる。ブロック130は、ノイズがクリーニングされたピクセルの値が、クリーニングピクセルの可変形状の周辺領域に含まれる各ピクセルの値と注目ピクセルについて記憶されている値とから、ノイズ低減ロジックを適用して計算を行う処理ステップを示す。ブロック140は、注目ピクセルのオリジナルの値をノイズがクリーニングされたピクセルの値で置き換える処理ステップを示す。処理手順は次いでブロック100に戻って継続し、新しい注目ピクセルが検出される。本発明の好ましい実施の形態では、次の注目ピクセルを処理する時にメモリ内に次に引き続くピクセルが検出される。ブロック100, 110, 120, 130, 140で示される処理ステップは、処理すべき注目ピクセル各々に対して繰り返される。本発明の好ましい実施の形態では、これらの処理ステップがデジタル画像チャンネル内のすべてのピクセルに対して、かつデジタル画像内のすべてのデジタルチャンネルに対して繰り返される。

【0024】多くの可能なピクセル処理パスを構成することができる。本発明の好ましい実施の形態では、図4に示されるように、半径方向に配列した8つのピクセル処理パスを一組として用いる。8つのピクセル処理パスが、注目ピクセルに関して半径方向に沿って配列される。このピクセル処理パスの集合体は、半径方向パス構成体と称される。これら8つのピクセル処理パス（PATH）を、A, B, C, D, E, F, G, Hと称し、各ピクセル処理パスで処理されるシーケンシャルピクセル

(6)

9

を1, 2, 3などと称する。例として挙げるが、図4に示されるパスはピクセル位置a 1に対応するピクセル値を統計アキュムレータ30へ送出することによってスタートする。このピクセル値を処理した後にピクセルパス終了条件が満たされなければ、次に処理すべきピクセルはa 2に位置するものになる。

【0025】各ピクセル処理パスはピクセルパス終了条件を満たさなければならず、ピクセルパス終了条件は遭遇するピクセルの値に基づくので、各ピクセル処理パスで処理されるピクセルの数は変化することが許される。図5は、半径方向パス構成体を用いて得ることができるピクセル領域の例を示す。この例では、8本のピクセル処理パスa~h各々に対するピクセルパス終了条件が、それぞれa 6, b 5, c 4, d 3, e 3, f 3, g 4, h 5で満たされたものである。従って、クリーニングピクセルの周辺領域の有効サイズと有効形状とは、個々のピクセル処理パス各々に対してピクセルパス終了条件が満たされたかどうかに基づいて変化する。図1は、クリーニングピクセルの周辺領域の有効サイズと有効形状とを示し、図4に示される例に対応するものである。Xと記されたピクセルは、注目ピクセルの位置にある。Yと記されたピクセルは、ピクセル位置a 6, b 5, c 4, d 3, e 3, f 3, g 4, h 4にあるピクセルを示し、これらの位置において個々のピクセル処理パスの各々がピクセルパス終了条件を満たしたものである。

【0026】本発明の別の実施の形態では、図6に示されるように別のセットのピクセル処理パスが用いられる。この4つをセットとしたピクセル処理パスは領域充填パス構成(area fill path configuration)と称される。各ピクセル処理パスは、注目ピクセルに隣接したピクセルから出発する。パスAと名付けられた第一ピクセル処理パスは一連の垂直ステップと水平ステップで規定される。ピクセルa 1からスタートし、次に評価される第二ピクセルはピクセルa 1の上に位置するピクセルa 2である。このピクセルは、注目ピクセルから発する対角線上に位置するので、パスAのルートは右に進み、ピクセルa 3を評価する。パスAは下に進み続け、遂に注目ピクセルから発する対角線上に位置する別の一つのピクセルに到達する。他のピクセル処理パスB, C, Dも同じロジックを辿るが、これらは注目ピクセルのそれぞれ上側、左側、下側のピクセル位置を網羅する。図7は、上記の領域充填パス構成を適用して得ることができるクリーニングピクセルの周辺領域の例を示す。ピクセルパス終了条件は、各ピクセル処理パスに対してピクセル位置a 8, b 7, c 2 1, d 5で満たしたものである。

【0027】領域充填パス構成法では、関心あるピクセルの周りのピクセル間にギャップを作らず、使わないピクセルも存在しないが、半径方向パス構成法ではギャップや使わないピクセルが存在する。これらの実施の形態

10

では双方ともに領域成長に基づくノイズフィルタが構成される。ノイズフィルタの有効サイズと有効形状はピクセル処理パスの選択に依存するが、より重要なことは、処理されるピクセルの値に依存するということである。

【0028】米国特許第5, 671, 264号には、クリーニングピクセルの周辺領域から構成される半径方向に配置された領域セットに基づくノイズフィルタが記載されている。このアルゴリズムのキーとなる要素は、クリーニングピクセルの半径方向に配置された3個の属性：領域の数、領域の長さ、領域の方位角の一つのランダム化に基づいている。これらの属性の一つまたはそれ以上の個数の属性をランダム化することによって、米国特許第5, 671, 264号の記載によれば、得られたノイズクリーニング済の画像品質が改良されるとしている。米国特許第5, 671, 264号に記載の方法は、領域のサイズと形状が可変のノイズフィルタを構成してはいる。しかし、このノイズフィルタの可変サイズと可変形状とは、デジタル画像のピクセル値に基づいているのではなく、ランダム数発生器に基づいている。

【0029】レブ、ツッカー、ローゼンフィールドがジャーナルに掲載した論文Iterative Enhancement of Noisy Images, IEEE Trans. Syst. Man and Cybern, SCM-7, p.435-441, 1977に記載しているアルゴリズムも、可変サイズノイズフィルタと考えることができる。これらのアルゴリズムでは、ピクセルの一部分が、検出されたエッジ情報の存在に基づいて、ノイズがクリーニングされたピクセルを算出する計算への寄与から除外されている。しかし、レブらのアルゴリズムでは、除外するピクセルを見出す前に、サイズ/形状固定領域内のピクセル値すべてを評価しなければならない。この点、レブらのアルゴリズムは、ピクセル値に付ける重みが可変で、サイズが固定のノイズフィルタと考えることができる。

【0030】本発明の好ましい実施の形態では、統計アキュムレータ30が用いるピクセルパス終了条件と、ノイズクリーニング計算器40が用いるノイズクリーニング済みピクセル値計算法とが採用される。この計算法は、ジョン・サン・リーがジャーナルに掲載した論文Digital Image Smoothing and the Sigma Filter, Computer Vision, Graphics, and Image Processing Vol.24, p.255-269, 1983に記載しているシグマフィルタに基づいている。図2に示される統計アキュムレータ30に送られたピクセル値は、注目ピクセルの値と比較される。次に引き続きピクセルの値と注目ピクセルの値との間の差が閾値 $\epsilon$ より小さい場合は、次に引き続きピクセルはクリーニングピクセルの周辺領域に含まれるものとされ、クリーニング計算器40を用いて、ノイズクリーニング済みのピクセル値が得られる平均数値計算が行われる。定数 $\epsilon$ は普通、予期されるノイズの標準偏差の2倍に設定される。数学的には、上記の平均数値は以下のよう示すことができる。



(7)

11

【0031】

【数3】 $q_{mn} = \sum ija_{jk}p_{jk} / \sum jka_{jk}$ | $p_{jk} - p_{mn}$ |  $\leq \varepsilon$ の時、 $a_{jk} = 1$ | $p_{jk} - p_{mn}$ |  $> \varepsilon$ の時、 $a_{jk} = 0$ 

ここで $p_{jk}$ は $j$ 番目のピクセル処理パス中の $k$ 番目のシ  
ーケンシャルピクセルを示し、 $p_{mn}$ は行 $m$ と列 $n$ に位置  
する注目ピクセルの値を示し、 $q_{mn}$ はノイズをクリー  
ニングしたピクセルの値を示す。従って、ノイズをクリー  
ニングしたピクセルの値は、注目ピクセルの値と、他の  
各ピクセルの値との差に基づいており、具体的にはクリ  
ーニングピクセルの周辺領域に含まれるピクセルの値の  
統計的平均値で示される。各ピクセル処理パスに対する  
ピクセルパス終了条件は、個々のピクセル処理パス中の  
除外ピクセル ( $a_{jk}$ がゼロに等しいピクセル) の数 $N$ に  
基づく。この数 $N$ は次式で示される。

【0032】

【数4】 $N = k - \sum jka_{jk}$ 

変数 $k$ は、現在のピクセル処理パス中で遭遇する処理さ  
れた次に引き続くピクセルの値の数を示す。除外された  
ピクセルの数 $N$ が既定の閾値 $T$ に等しい場合は、ピクセル  
処理パスに対するピクセルパス終了条件が満たされ  
る。本発明の好ましい実施の形態では、既定閾値 $T$ とし  
ては値2を用いる。従って、このピクセルパス終結条件  
により、半径方向に沿って配置されるパスを含めて、既  
定のピクセル処理パスの長さが、関心あるピクセルの値  
とピクセル処理パスに含まれるピクセルの値との差に基  
づいて決定される。

【0033】注記すべきことは、本発明の好ましい実施  
の形態ではノイズをクリーニングしたピクセルの値 $q_{mn}$   
とピクセル処理パス終了条件とを決めるのに同じ数値 $\varepsilon$   
を用いるけれども、そうでなくてもよい。つまり、ノイズ  
をクリーニングしたピクセルの値の決定に用いるパラ  
メータと、ピクセル処理終了条件のために用いるパラメ  
ータとは、異なる値であってもよい。ここでは、簡単な  
ために、また計算上の効率性のために $\varepsilon$ に同じ数値を用  
いているというだけである。ノイズ源が信号に依存して  
変わる場合は、すなわち、注目ピクセルの値、 $p_{mn}$ に依  
存して変わる場合は、 $\varepsilon$ の値は $p_{mn}$ に応じて変えるべき  
である。本発明の別の一つの実施の形態では $\varepsilon$ の値のル  
ックアップテーブルが用いられる。注目ピクセル各々が  
処理される時、 $p_{mn}$ の値は $\varepsilon$ の値のlookupテーブル  
に入るインデックスとして用いられ、 $\varepsilon$ の現在の値が  
設定される。

【0034】好ましい実施の形態では、ピクセル処理パ  
スに対するピクセルパス終了条件としてデジタル画像チ  
ャネルの境界が用いられる。これを用いなければならない  
のは、境界の外にはピクセルデータが存在しないから  
である。好ましい実施の形態で用いられる別の一つのピ  
クセル処理パス終了条件は、各ピクセル処理パスに対す  
るピクセルの最大個数である。各ピクセル処理パスに対

12

して最大15個のピクセルが用いられる。

【0035】リーのシグマフィルタにおけるピクセルを  
含むか、あるいは除外するかのロジックは数学的には、  
以下のように示することができる。

【0036】

【数5】 $q_{mn} = \sum ija_{ij}p_{ij} / \sum ija_{ij}$ | $p_{ij} - p_{mn}$ |  $\leq \varepsilon$ の時、 $a_{ij} = 1$ | $p_{ij} - p_{mn}$ |  $> \varepsilon$ の時、 $a_{ij} = 0$ 

ここで、 $p_{ij}$ はオリジナルピクセル $p_{mn}$ の周りの局部領  
域にあるピクセルを示し、 $q_{mn}$ はノイズをクリーニング  
したピクセルを示し、 $\varepsilon$ は定数で、普通は予期されるノ  
イズの標準偏差の2倍に設定される。リーが記載するシ  
グマフィルタは、オリジナルピクセルを中心にしてその  
周りに設定された固定サイズ長方形ピクセル領域に適用  
されたものである。

【0037】本発明の別法の実施の形態では、ノイズク  
リーニング計算器40で得られるノイズクリーニング済  
みピクセル値を計算するのに中央値フィルタが用いられ  
る。この実施形態では、好ましい実施の形態で用いられ  
るのと同じピクセルパス終了条件が用いられる。従っ  
て、クリーニングピクセルの周辺領域はシグマフィルタ  
の数学で決められる。ノイズがクリーニングされたピク  
セルの値は、クリーニングピクセルの周辺領域に含まれ  
る諸ピクセルの統計的中央値によって与えられる。

【0038】本発明は、コンピュータが読み出し可能な  
記憶媒体上に記憶されるコンピュータプログラムの形で  
提供することができる。このような媒体としては、例え  
ば、磁気ディスク (例えば、フロッピー (登録商標) デ  
ィスク)、磁気テープ、コードバー、ソリッドステート  
記憶装置 (例えば、ランダムアクセスメモリや読み出し  
専用メモリ)、あるいは他の物理的デバイスや媒体で、  
コンピュータプログラムを記憶するのに採用できるもの  
が挙げられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の好ましい実施の形態の適用から得る  
ことができるクリーニングピクセルの周辺領域の可変形  
状と可変サイズとの例を示す図である。

【図2】 ノイズが低減したデジタル画像を得る本発明を  
行う処理フローの全体ブロック図である。

【図3】 図2の処理すべてを行うことができるアルゴ  
リズムのフローチャートである。

【図4】 本発明で用いられる半径方向パス構成の図で  
ある。

【図5】 本発明の別の実施の形態で用いられる領域充  
填伝播パスの図である。

【図6】 本発明の更に別の実施の形態で用いられる領  
域充填伝播パスの図である。

【図7】 本発明の別の実施の形態の適用から得ること  
ができる、クリーニングピクセルの周辺領域の可変形状  
と可変サイズとの例を示す図である。

(8)

13

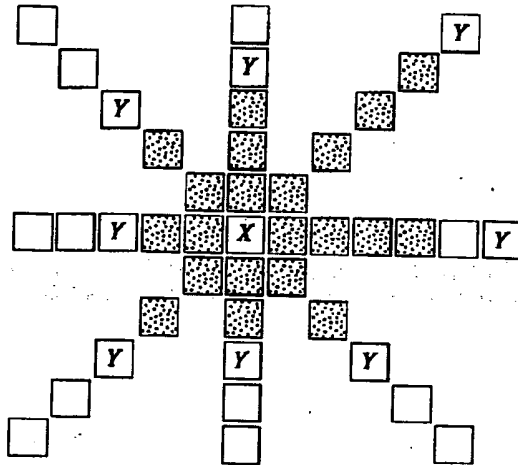
14

【符号の説明】

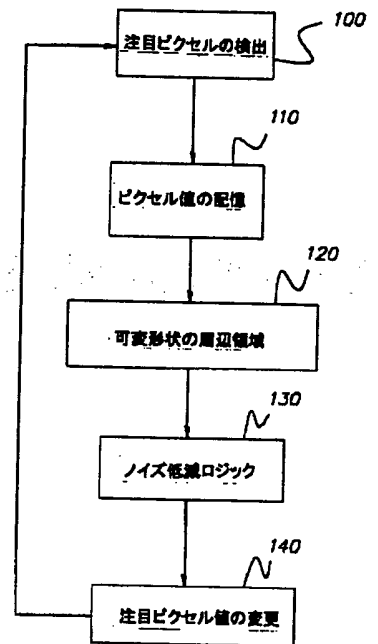
10 ピクセルパスセクタ、20 次ピクセルファイ

ンダー、30 統計アキュムレータ、40 ノイズク  
リーニング計算器。

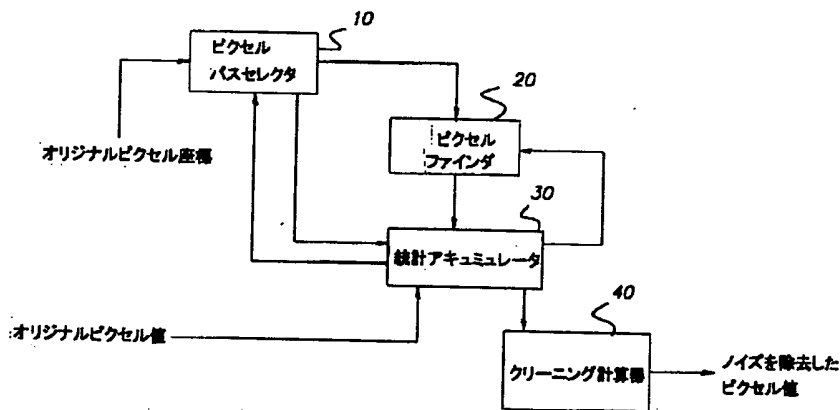
【図1】



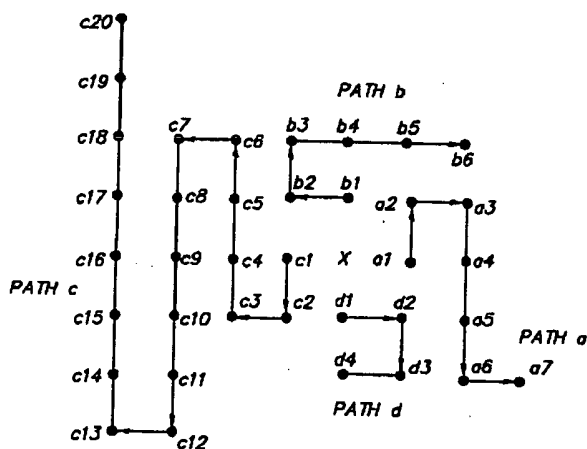
【図3】



【図2】

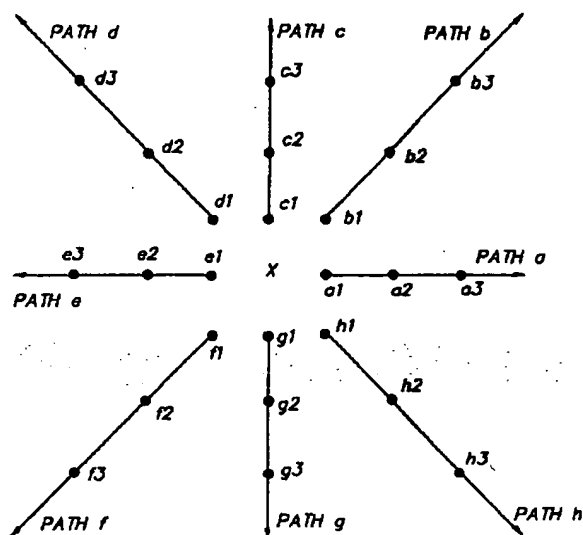


【図7】

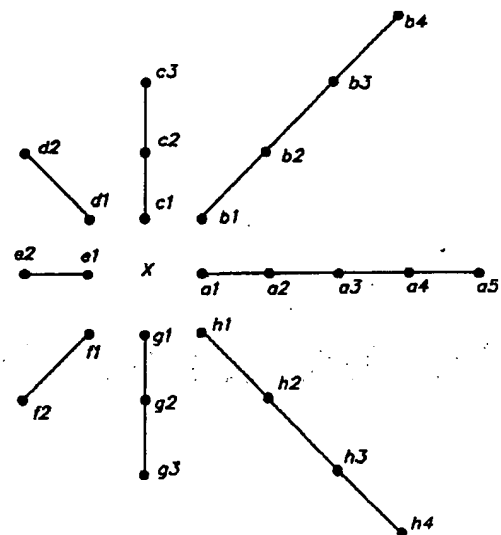


(9)

【図4】



【図5】



【図6】

